1929
Lane Medical Library

Aus dem Institut für medizinische Chemie und Hygiene
der Universität Göttingen.

Die bakteriologische Untersuchung
und
Beurteilung eingesandter Wasserproben

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen Medizinischen Fakultät
der
Georg-August-Universität zu Göttingen
vorgelegt von

Max Blum
approb. Arzt aus Göttingen.

Göttingen
Gedruckt bei August Schönhütte & Söhnen, Grone (Kr. Göttingen).
1929

Referent: Geheimrat Professor Dr. Reichenbach.

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Juli 1928.

Meinen Eltern gewidmet.

Wenn sich auch die Hoffnungen, die man ursprünglich auf die Bedeutung der bakteriologischen Untersuchung für die Beurteilung von Wasser und Wasserversorgungsanlagen gesetzt hatte, nicht in vollem Maß erfüllt haben, so wird heute doch kein Hygieniker, der sich mit der Beurteilung von Wasser zu beschäftigen hat, die Bestimmung der Keimzahl und den Nachweis von Bakterium coli entbehren wollen. Daß dem letzteren im allgemeinen die größere Bedeutung zukomme, läßt sich heute nicht mehr bezweifeln. Man muß sich nur frei machen von der äußerst angreifbaren und leicht zu widerlegenden Auffassung, daß die Anwesenheit von Coli eine direkte Fäkalverunreinigung bedeute. Das tut sie nicht — wohl aber beweist sie, daß überhaupt ungenügend filtrierte Zuflüsse von der Erdoberfläche her in das Wasser gekommen sind. Am prägnantesten hat vielleicht Quantz die Bedeutung des Colinachweises umrissen: »Die Bedeutung des Coli für den Nachweis oberflächlicher Verunreinigungen steht außer allem Zweifel. Eine ganz andere Frage aber ist die, ob das Vorhandensein von Coli ohne weiteres eine gefährliche Verunreinigung, eine Verunreinigung mit Fäkalien beweist. Diese Frage ist zu verneinen! Darin ist den »Ubiquitaristen« unbedingt Recht zu geben, daß die Colibakterien, und auch die typischen, sehr weit, besonders in den oberflächlichen Schichten des Bodens verbreitet sind, und daß sie von ihrem eigentlichen

Ursprungsort oder ihrer Ablagerungsstelle auf weitere Entfernungen verschleppt werden können. Es ist deshalb nicht gesagt, daß in allen Fällen dieselben Zuflüsse, die das Bakterium coli in den Brunnen hineingebracht haben, auch Typhusbazillen ins Wasser bringen können.

Indessen lassen sich doch auch in dieser Frage gewisse quantitative Überlegungen anstellen. Je zahlreicher die Colikeime im Wasser sich finden, und vielleicht auch je typischer sie sich in ihrer quantitativen Säurebildung verhalten, desto näher — zeitlich und räumlich — wird unter sonst gleichen Umständen ihr Ursprung dem Brunnen sein, und als desto gefährlicher muß die Verunreinigung angesehen werden.

Immer aber wird der Ortsbesichtigung die letzte Entscheidung zufallen; die Coliprobe ist eine wertvolle Ergänzung, aber kein Ersatz der Ortsbesichtigung.«

Aber auch die Keimzählung ist, wenn sie auch in vielen Fällen an Bedeutung hinter dem Colinachweis zurücksteht, doch nicht zu entbehren. Ihr Nachteil liegt darin, daß ihr Ergebnis beeinflußt wird durch die Vermehrung der Bakterien im Wasser selbst — deshalb wird sie häufig bei Untersuchung von wenig benutzten Brunnen versagen, sie ist aber überall da von Nutzen, wo mit möglichst einfachen Mitteln eine Kontrolle über den Zustand einer Wasserversorgungsanlage ausgeübt werden soll. Unentbehrlich ist sie deshalb bei der Überwachung von Filterwasserwerken — aber auch bei vielen Quellwasserwerken ist sie ein einfaches und sicheres Mittel, den Vorgang der natürlichen Filtration durch die obere Erdschichten zu überwachen. Auch für die hygienische Beschaffenheit von Brunnen kann die Keimzahl unter Umständen einen brauchbaren Ausdruck geben, wenngleich hier, wie auch besonders Quantz nachgewiesen hat, ein sicheres Urteil nur auf

Grund extremer Zahlen, d. h., eines sehr hohen oder sehr niedrigen Keimgehaltes, gewonnen werden kann.

Die Keimzahl von Brunnen ist aber eine Resultante aus einer Reihe im einzelnen nicht übersehbaren Componenten: starker Wasserverbrauch wirkt vermindernd, indem er etwaige von oben eingedrungene keimhaltige Zuflüsse durch keimfreies Grundwasser verdünnt und ebenso auch die Bakterien im Brunnenwasser selbst nicht zu wesentlicher Vermehrung kommen läßt. Ein wenig benutzter, im übrigen tadelloser Brunnen kann deshalb keimreicher sein, als ein von oben verunreinigter, dem viel Wasser entnommen wird.

Diese Vermehrung der Bakterien im Wasser übt nun noch in anderer Weise einen ungünstigen Einfluß auf die Verwertbarkeit der Ergebnisse der Keimzählung aus. Es ist jedem Bakteriologen bekannt, daß die Keimzahl in einer entnommenen Wasserprobe bei der Aufbewahrung außerordentlich stark ansteigt. Die Gründe für diese Keimvermehrung sind noch nicht ganz vollständig geklärt. Die Hauptrolle scheint die Temperatur und Sauerstoffaufnahme zu spielen. Diese Veränderlichkeit der Keimzahl hat vielfach zu der Forderung geführt, man solle alle bakteriologischen Untersuchungen immer an Ort und Stelle ausführen, d. h., die Zählplatten gleich bei der Entnahme des Wassers aussäen. Die Erfindung einer Reihe mehr oder minder zweckmäßiger teils bequemer, teils auch sehr unbequemer transportabler Apparate war die Folge dieser Forderung.

Es ist gar kein Zweifel, daß eine solche Verarbeitung des Wassers an Ort und Stelle das Erstrebenswerte wäre, weil sie den wirklichen Keimgehalt der Probe mit Sicherheit zum Ausdruck bringt. Andererseits ist es aber in der Praxis vollständig unmöglich,

dieser Forderung immer zu genügen. Denn wenn man auch die Unbequemlichkeit des Transportes und die häufig noch größere Unbequemlichkeit des Plattengießens unter ungünstigen äußeren Bedingungen auf sich nehmen will, so ist es doch meistens der Mangel an Personal und die Höhe der Kosten, welche die Möglichkeit, die Untersuchung an Ort und Stelle vorzunehmen, begrenzen. Gewiß ist es zweckmäßig, mit der bakteriologischen Untersuchung eine Ortsbesichtigung zu verbinden — oder besser gesagt, die entscheidende Ortsbesichtigung durch eine bakteriologische Untersuchung zu ergänzen — das ist aber nur möglich, wenn der Wert und die Bedeutung des Objektes in einigermaßen richtigem Verhältnis zu dem Aufwand an Zeit, Mühe und Kosten steht. Es kommt außerdem nicht selten vor, daß die örtlichen Verhältnisse dem Untersucher genügend bekannt sind und daß eine häufigere bakteriologische Untersuchung um ihrer selbst willen, etwa als Ausdruck des Einflusses wechselnder meteorologischer Verhältnisse, gewünscht wird. In solchen Fällen wäre die Forderung, die Untersuchung an Ort und Stelle auszuführen, eine Erschwerung, die meistens einer Verhinderung der Untersuchung gleich käme. Auch die Durchführung des Ministerialerlasses vom 4. Oktober 1926, die eine jährliche bakteriologische Kontrolle der Wasserleitungen vorschreibt, wäre kaum angängig, wenn man streng die Untersuchung an Ort und Stelle verlangen wollte. Wir haben beispielsweise im Regierungsbezirk Hildesheim mindestens 100 kleine und kleinste Wasserleitungen, deren Eigentümer die Kosten für eine jedesmalige Reise des Untersuchers kaum zu tragen im Stande wären. Abgesehen davon, daß auch das Personal, das diese Untersuchungen an Ort und Stelle ausführen könnte, nicht zur Verfügung steht.

Um die Untersuchung eingesandter Wasserproben kommen wir also trotz der mit Recht zu erhebenden Bedenken in der Praxis nicht herum. Das legt uns die Pflicht auf, die Methode so fehlerfrei wie möglich zu gestalten. Wir müssen versuchen, die Bedingungen für Entnahme, Versand und Aufbewahrung so zu gestalten, daß eine möglichst geringe Änderung der Keimzahl eintritt. Die nachfolgende Arbeit, die auf Anregung von Herrn Geheimrat Reichenbach unternommen wurde, soll die Fehlerquellen der Methode und die Mittel zu ihrer Vermeidung untersuchen.

Zunächst kam es darauf an, ein Urteil über den Umfang und die Bedingungen der Keimvermehrung in entnommenen Wasserproben zu gewinnen. Die Versuche wurden so angestellt, daß Wasserproben möglichst verschiedener Herkunft und möglichst verschiedener chemischer und bakteriologischer Beschaffenheit bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurden. Zur Aufbewahrung dienten meistens Literflaschen mit Patentverschluß, wie sie das Institut zur Einsendung von Wasserproben abgibt. Die Flaschen werden vor der Entnahme sterilisiert. Die Keimzahl wurde zu Beginn des Versuches, dann in verschiedenen Zwischenräumen, meistens alle 24 Stunden, bestimmt. Zur Aussaat diente die gewöhnliche Nährgelatine, die Aussaatmengen betrugen 0,5, 0,4, 0,1 ccm. Die Bebrütung geschah bei 22 Grad, die Zählung nach 48 Stunden.

Als Faktoren, von denen teils aus theoretischen Gründen, teils nach vorliegenden experimentellen Erfahrungen anzunehmen war, daß sie die Keimvermehrung beeinflussen würden, kamen, abgesehen von der Temperatur, folgende in Betracht:

1. Die Füllung der Flasche (die den Gelalt an gelösten Gasen, insbesondere an Sauerstoff beeinflussen konnte).

2. Die chemische Beschaffenheit
   a) Härte,
   b) Wasserstoffzahl, resp. Gehalt an freier CO_2.
3. Der Anfangskeimgehalt.
4. Die Art der vorhandenen Keime.

Soweit wie möglich wurden deshalb diese Werte festgestellt.

Die ersten orientierenden Versuche wurden am Göttinger Leitungswasser, das meistens sehr keimarm ist, angestellt. Tabelle I gibt die Resultate wieder.

Versuch: 1, 3, 4, 19.

Man sieht also, daß meistens schon nach 24 Stunden bei einer Temperatur von 18 bis 20° eine deutliche Vermehrung eintritt, welche die Beurteilung des Wassers nach der Keimzahl unmöglich machen würde. Nach 48 Stunden ist die Zahl immer zu bedeutender Höhe angewachsen. Von großem Interesse ist der Versuch 19, bei dem die Ausgangskeimzahl ganz besonders niedrig war. Hier war auch nach 24 Stunden keine störende Vermehrung eingetreten, erst nach 2 Tagen erreichte die Keimzahl die Höhe, die bei den anderen Versuchen nach 24 Stunden vorhanden war. Dies Verhalten stimmt überein mit dem einer Versuchsreihe, die einige Jahre vorher im Göttinger Institut ebenfalls mit Leitungswasser angestellt war und bei der der Keimgehalt sich einige Tage auf der Anfangshöhe gehalten hatte. Wahrscheinlich spielt hier — worauf ich später zurückkomme — die Art der anfangs vorhandenen Bakterien eine Rolle.

Da die Möglichkeit bestand, daß der Füllungsgrad der Flasche von Einfluß auf die Menge der gelösten Gase und damit auf das Bakterienwachstum sein könne, wurden einige Parallelversuche mit ungleich gefüllten Flaschen angestellt. Ein Einfluß des Füllungsgrades ließ sich, wie ebenfalls aus der Tabelle I hervorgeht,

nicht nachweisen. Eine Ausnahme macht vielleicht ein Versuch, bei dem jeder Luftzutritt dadurch vermieden wurde, daß die Flasche mit Hülfe eines Schlauches, der bis zum Boden reichte, gefüllt wurde. Hier war nach 48 Stunden die Keimzahl deutlich geringer, als bei den Parallelversuchen, doch war der Unterschied nicht so groß, um darauf eine Methode der Entnahme aufzubauen, und zweitens würde es auch in der Praxis nur selten möglich sein, diese Methode anzuwenden.

Die Versuche wurden nun an einer ganzen Reihe verschiedener Wässer, die möglichst große Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung, besonders in der Härte und der Reaktion, sowie auch im Anfangskeimgehalt aufwiesen, wiederholt.

In Tabelle II sind die Resultate zusammengestellt.

Auch hier zeigt sich überall — mit einer noch zu besprechenden Ausnahme — eine deutliche Zunahme der Keimzahl schon nach 24 Stunden, aber auch hier lassen sich keine sicheren Beziehungen zwischen der Intensität der Zunahme und der Beschaffenheit des Wassers oder der Anfangskeimzahl finden.

Es wurden Wässer untersucht, deren Härtegrad zwischen 1^0 und 22^0 lag. Bei dem weichsten Wasser (Versuch 8) war die Vermehrung nach 24 Stunden unbedeutend (von 110 auf 130), nach 48 Stunden betrug die Keimzahl 6900. Bei dem härtesten Wasser betrug die Anfangskeimzahl 1920, nach 24 Stunden wurden 7800 Kolonien gezählt. Bei einem anderen Wasser, wie im Versuch 11, in dem die Härte $1{,}6^0$ betrug, war die Anfangskeimzahl 200, nach 24 Stunden 23000. Bei einem Wasser mit $20{,}8^0$ (Versuch 9) war nach 24 Stunden die Keimzahl von 10 auf 500 gestiegen. Man sieht schon aus diesen herausgegriffenen Versuchen, daß kein prinzipieller Unterschied im Ver-

lauf der Vermehrung im harten und im weichen Wasser besteht. Ebenso ist in anderen Versuchen mit weichen Wässern (7, 12, 14, 16, 17), die Wässer bis 7, 8 Härtegrade betreffen und in den Versuchen mit harten Wässern (1, 10, 13, 24) kein gesetzmäßiger Unterschied in der Vermehrungsintensität festzustellen. Durchweg erreichen die Keimzahlen Größenordnungen von Tausenden bis Zehntausenden nach 24 Stunden, wenn die Keimzahl im Anfang unter Hundert betragen hat. Einige weitere Zahlen mögen die Gleichförmigkeit der Vermehrung im harten und im weichen Wasser illustrieren:

Versuch 15: Härte 4,2°, Anfangskeimgehalt 350, nach 24 Stunden 90000.

Versuch 16: Härte 4,1°, Anfangskeimgehalt 1, nach 24 Stunden 85000.

Versuch 13: Härte 22,8°, Anfangskeimgehalt 4, nach 24 Stunden 29000.

Versuch 6: Härte 27,4°, Anfangskeimgehalt 4900, nach 24 Stunden 23000 Keime.

Die H-Ionenkonzentration der Wässer, die untersucht wurden, schwankte zwischen 4,6 und 7,0. Bei stark sauren Wässern rechnete ich auf keine starke Vermehrung, da eine große Zahl von Bakterien bei Verwendung eine Gelatine mit einer pH von 4,6 nicht zur Entwicklung kommen würde. Die Versuche führten jedoch zu einem anderen Ergebnis. Im Versuch stieg (bei der pH von 4,6) die Keimzahl nach 48 Stunden von 110 auf 6900. Im Versuch 16 betrug bei einer pH von 6,0 die Anfangskeimzahl, um nach 24 Stunden auf 24000 zu steigen. Im Versuch 13, bei einer pH von 4,5 stieg die Kolonienzahl von 55 nach 24 Stunden auf 70000. Im Versuch 15, bei einer pH von 5,8 von 350 auf 90000 nach 24 Stunden. Einmal allerdings (Versuch 18) blieb bei einer pH von

4,6 die Keimzahl nach 3 Tagen noch auf der ursprünglichen Zahl stehen. Das kommt aber auch bei Wässern vor, die eine ganz andere pH zeigen. In einem späteren Versuch (37) wurde ein Wasser untersucht, daß eine pH von 7,0 hat und bei dem nach 48 Stunden noch die Anfangskeimzahl erhalten ist, erst nach 3 Tagen wurde eine unbedeutende Vermehrung von 1 auf 14 festgestellt. Allerdings war auch hier die Anfargskeimzahl besonders niedrig!

In 13 Versuchen wurde die freie Kohlensäure im Beginn des Versuches bestimmt, von der die Wasserstoffzahl in erster Linie abhängig ist. Aber auch hier ergab sich kein sicherer Zusammenhang mit der Keimvermehrung.

Es wurden Wässer mit einem Anfangsgehalt von freier Kohlensäure zwischen 4,4 und 48,4 mg im Liter untersucht. Die Anfangskeimzahl bei diesen Wässern bewegte sich zwischen 1 und 525 und zwar betrug bei der Anfangskeimzahl von 1 die freie CO_2 26,4 (Versuch 16) und bei 525 Anfangskeimzahl die freie CO_2 8,4 (Versuch 17). Bei 1 stieg die Vermehrung nach 24 Stunden auf 85000, 525 die Vermehrung nach 24 Stunden auf 70000. In einem anderen Versuch (15) betrug die freie CO_2 7,1, nach 24 Stunden war der Keimgehalt von 350 auf 70000 gestiegen. In dem Versuch 11, wo die freie CO_2 4,4 betrug, stieg nach 24 Stunden die Keimzahl von 200 auf 23000. Im Versuch 9 mit 48,4 mg im Liter von 10 auf 500. In anderen Versuchen: Versuch 12 mit 35,2 freier CO_2 von 123 auf 9700, Versuch 23 mit 44 mg im Liter von 4 auf 29000. Versuch 8 mit 13,2 mg im Liter von 110 auf 130 (nach 48 Stunden 6900), im Versuch 7 mit 17,6 mg im Liter von 60 auf 9000 nach 24 Stunden.

Das Resultat aller bisherigen Beobachtungen läßt

sich dahin zusammenfassen, daß alle Wässer, mit einer Ausnahme, nach 24 Stunden bis spätestenz 48 Stunden eine erhebliche Vermehrung des Keimgehaltes zeigten. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der chemischen Beschaffenheit und dem Grade der Keimvermehrung hat sich in diesen Versuchen nicht nachweisen lassen. Die Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Mitteilungen von Pöhl und anderen, die einen einzigen chemischen Faktor (Bikarbonate oder freie CO_2) als ausschlaggebend ansehen.

Auch andere Vermutungen über die Abhängigkeit der Keimvermehrung konnten nicht bestätigt werden.

In einer Reihe von Versuchen wurde darauf geachtet, ob der Grad der Flaschenfüllung einen Einfluß auf die Intensität der Vermehrung habe. Es hat sich in allen Versuchen nicht der geringste Einfluß der Flaschenfüllung gezeigt (1, 2, 3, 4, 19). Überall sind die Werte fast gleich. Ein einziges Mal war im Versuch 1 nach 48 Stunden die Vermehrung in der halbgefüllten Flasche sehr viel stärker. Ein Kontrollversuch ergab aber auch bei diesem Wasser keinen Unterschied und keine Einwirkung der Flaschenfüllung auf die Vermehrungsintensität. Dafür spricht auch der Versuch 4, in dem bei ganz gefüllter Flasche 360 Keime nach 24 Stunden gezählt wurden, während aus der halbgefüllten Flasche 340 Keime wuchsen. Auch die Aufbewahrung der Flaschen im Dunkeln (Versuch 6) ergab keinen Unterschied, nach 24 Stunden wurden einmal 23000 und ein anderes Mal 24000 Keime gezählt.

Von besonderer Bedeutung erscheint die Frage des Einflusses der Anfangskeimzahl. Es wurde untersucht bei Anfangskeimzahlen, die zwischen 1 und 225000 lagen. Im Versuch 1, 3, 4, 7, 9, 10, 13, 16, 18, 19 wurden Wässer untersucht, deren Anfangskeimgehalt unter 100 Keimen in einem ccm lag. Nach

24 Stunden ist mit 2 Ausnahmen eine beträchtliche Vermehrung eingetreten. Einmal ist die Vermehrung erst nach 48 Stunden ersichtlich (19), in einem Versuch (18) bleibt die Vermehrung ganz aus. Hier handelt es sich um das früher erwähnte Wasser mit der pH von 4,6. In den Versuchen 2, 5, 6, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 20, 23, 24, 25 lag die Anfangskeimzahl über 100 und erreichte im Maximum 225000. In allen Versuchen mit Ausnahme des letzten ist die Vermehrung nach 24 Stunden deutlich feststellbar. In einem späteren Versuch (25) handelte es sich um einen kaum benutzten Brunnen, der trotz starken Abpumpen diese exorbitant hohe Keimzahl zeigte. In diesem Versuch nahm die Keimzahl ab: sei es, daß das Wasser in einem Zeitpunkt untersucht wurde, in dem die Bakterienvermehrung ihren Höhepunkt überschritten hatte, oder machten sich hier — es wurde sehr reichlich Bakterium coli gefunden — antagonistische Vorgänge geltend, wie sie Müller zwischen Bakterium coli und Fluorescens beschreibt.

Eine sichere gesetzmäßige Abhängigkeit der Vermehrungsgeschwindigkeit von der Anfangszahl ist nicht festzustellen, doch läßt sich wohl soviel sagen, daß, wie man von vorn herein erwarten muß, bei sehr geringer Anfangszahl auch die Vermehrung im allgemeinen langsam vor sich geht. Allerdings gibt es auch hier Ausnahmen, (siehe Versuch 13), wo ein sehr keimarmes Wasser bereits nach 24 Stunden eine sehr starke Vermehrung von 4 auf 29000 zeigte.

Aus den mitgeteilten Versuchen geht jedenfalls hervor, daß bei Proben verschiedenster Trinkwässer, die bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurden, eine starke Veränderung des Bakteriengehalts im Sinne einer Vermehrung stattfindet. In allen Fällen war diese Vermehrung spätestens nach 48 Stunden, häufig schon

nach 24 Stunden, so stark, daß im Ernstfalle, d. h., wenn es sich um eine zur Untersuchung eingesandte Wasserprobe gehandelt hätte, die gefundene Keimzahl schon so weit von der ursprünglichen sich unterschieden hätte, daß eine hygienische Beurteilung garnicht oder doch nur mit größter Zurückhaltung möglich gewesen wäre. Man muß also, wie es scheint, denjenigen Recht geben, die es ablehnen, eine Wasserprobe, die nicht wenige Stunden nach der Entnahme im Laboratorium eingeliefert wird, auf ihre Keimzahl zu untersuchen.

Es fragt sich aber, ob es nicht möglich ist, ein Verfahren zu finden, durch das die Keimzahl, während einiger Zeit, wenigstens so lange, wie der Transport der Proben dauert, konstant gehalten wird. Man könnte an entwicklungshemmende Zusätze denken, durch die eine Vermehrung der Bakterien verhütet werden kann.

Solche Vorschläge sind auch tatsächlich gemacht worden — sie müssen aber daran scheitern, daß die Grenzen zwischen entwicklungshemmender und abtötender Wirkung sehr nahe beieinander liegen und daß deshalb die Gefahr der Verminderung der Bakterienzahl nicht auszuschalten ist.

Wohl aber schien es von vorn herein aussichtsvoll, die Vermehrung der Bakterien durch Erniedrigung der Aufbewahrungstemperatur zu verhindern. Dieses Verfahren ist im Göttinger Hygienischen Institut vor langer Zeit durch Professor v. Esmarch eingeführt und hat sich auch bewährt — es ist aber bislang noch nicht systematisch untersucht worden.

Zur Prüfung des Veshaltens der niedrigen Temperaturen wurde eine Reihe weiterer Vermehrungsversuche angestellt — gleichzeitig mit der Aufbewahrung bei Zimmertemperatur wurden auch Parallel-

versuche im Eisschrank aufgehoben. Die Temperatur des Eisschranks schwankte zwischen 5 und 8 Grad. Ich bin absichtlich nicht niedriger gegangen, weil diese Temperatut bei der im Institut üblichen Versandmethode 24 Stunden lang mit Sicherheit, meistens auch 48 Stunden, eingehalten werden kann. Die Versendung geschieht so, daß die ein Liter haltenden Flaschen zunächst in eine zylindrische eng anliegende Blechbüchse gesteckt werden und daß diese Blechbüchse dann in einen rechteckig mit Vorlegeschloß versehenen Kasten aus starkem, verzinktem oder verbleitem Eisenblech kommt. Der Kasten ist mit Sägespänen gefüllt — vom Absender der Wasserprobe werden diesen Sägespänen reichlich etwa wallnußgroße Eisstückchen beigemengt. Diese Verpackung genügt auch im warmen Sommer, um die Wasserprobe mindestens 24 Stunden lang, meistens 48 Stunden, nicht über 8 Grad kommen zu lassen. Meisten sist die Temperatur niedriger, 3—5 Grad, nur ganz selten kommen Flaschen an, die wärmer als 10 Grad sind.

Es wurden im Ganzen 7 Versuche mit 9 Einzelproben an möglichst verschiedenen Wässern angestellt, siehe Tabelle 3, Versuch 20 bis 26. Je eine Probe wurde im Eisschrank und bei Zimmertemperatur gehalten. Was zunächst das letztere Verhalten anlangt, so liefern diese Versuche eine Bestätigung der früheren, mit einer schon vorhin erwähnten Ausnahme war eine deutliche Vermehrung meistens schon nach 24, immer nach 48 Stunden zu verzeichnen. Das Ausbleiben der Vermehrung 24 Stunden betraf zwei sehr keimwarme Wässer, aber auch hier war keine unbedingte Gesetzmäßigkeit vorhanden, da ein drittes ebenso keimwarmes Wasser nach 24 Stunden bereits eine Vermehrung von 4 auf 119 zeigte. Im Eisschrank war die Zunahme entweder überhaupt nicht oder doch nur sehr spärlich

eingetreten. Nach 24 Stunden fand sich nur einmal eine über die Fehlergrenzen der Methode hinausgehende Vermehrung, die aber das Urteil über das Wasser nicht hätte beinflussen können, und in einer anderen Probe nach 48 Stunden eine Vermehrung von 5 auf 64, die immerhin für die Beurteilung insofern von Bedeutung gewesen wäre, als sich ein »sehr keimarmes« Wasser in eins von ziemlich niedrigem Keimgehalt verwandelt hätte. Sonst aber waren keine irgendwie ins Gewicht fallenden Veränderungen im Laufe von 48 Stunden aufgetreten. Nach 72 Stunden kamen stärkere Vermehrungen vor — aber solange braucht keine Wasserprobe bei Ausnutzung der schnellsten Transportmöglichkeit unterwegs zu sein.

Man kann also sagen, daß durch die von v. Esmarsch angegebene Versandmethode die Konstanz der Keimzahl in einem für praktische Zwecke genügendem Maße durchaus gewährleistet ist. Wenn die Eisverpackung sorgfältig vorgenommen wird, wenn ferner für die Übersendung ein möglichst schneller Weg gewählt wird und wenn im Laboratorium die Untersuchung gleich vorgenommen werden kann, so wird es ganz selten zu Veränderungen in der Keimzahl kommen, die das Urteil über das Wasser modifizieren könnten.

Immerhin schien es mir wünschenswert, auch über die Frage, wie sich das Coli bei der Versendung verhalte, ob auch da Vermehrungen oder vielleicht auch eine Verminderung zu fürchten sei, systematische Untersuchungen anzustellen. Wir haben deshalb eine Reihe von Wasserproben, bei denen die Anwesenheit von Coli zu vermuten war oder bei denen sich bei der Untersuchung die Anwesenheit Coli herausstellte, bei Zimmertemperatur aufbewahrt und parallel mit dem Gesamtkeimgehalt auch die Colikeimzahl beobachtet.

Für die Bestimmung der Colizahl wurde das in

Göttingen ausgebildete, zuerst von Marmann beschriebene Verfahren benutzt. 1.0 bis 10.0 ccm des Wassers werden auf einer großen, gut getrockneten Endoplatte ausgebreitet und durch einen warmen Luftstrom rasch zum Verdunsten gebracht. Es läßt sich dann die Zahl der Colicolonien meistens schon durch das charakteristische Aussehen ohne weiteres zahlenmäßig feststellen. In allen Fällen, in denen über die Natur einer Kolonie Zweifel bestehen, wird sie auf die charakteristischen Merkmale des Bakterium coli geprüft. Diese Methode wird am Göttinger Institut seit etwa 20 Jahren ausschließlich angewandt es hat sich nie das Bedürfnis herausgestellt, sie zu Gunsten einer anderen Methode, etwa der Bestimmung des Colititers, zu verlassen. Es wurden im Ganzen 6 Versuche mit 18 Einzelproben angestellt, die in der Tabelle Nr. IV vereinigt sind. Bei allen zeigte sich, wie in den früheren Versuchen, eine starke Zunahme der Gesamtkeimzahl, die in allen Fällen schon nach 24 Stunden sehr deutlich war. In allen Fällen aber hat sich die Colizahl nicht in einer Weise geändert, die über die Fehlergrenzen der Methode hinausgegangen wäre, und zwar zeigen sehr colireiche und coliarme genau dasselbe Verhalten. Auch die Temperatur war innerhalb sehr weiter Grenzen gleichgültig. Die benutzten Temparaturen schwankten zwischen 5 Grad (Eisschrank) und zwischen 22 Grad (Zimmer), ohne daß sich ein Einfluß auf die Keimzahl nachweisen ließ. Auch die anfänglichen Colimengen waren sehr verschieden gewählt. Sie schwankten zwischen 2 und 480 in 10 ccm. Eine Änderung in der Kolonienzahl ließ sich bis nach Verlauf von 48 Stunden niemals nachweisen. Nach 72 Stunden trat nur einmal eine geringfügige Verminderung ein. Eine Probe wurde 6 Tage lang beobachtet. Auch hier war keine außerhalb der Fehlergrenzen fallende Veränderung ein-

getreten. Ich darf übrigens darauf aufmerksam machen, daß diese Zahlen sehr schön die Exaktheit unserer Coliuntersuchungsmethode demonstrieren.

Es läßt sich also nach diesen Versuchen sagen, daß die Untersuchung eingesandter Wasserproben auf Coli, wenn sie innerhalb 72 Stunden ins Laboratorium kommen, ein sicheres Bild des Coligehaltes gibt, auch wenn bezüglich der Temperatur keine besonderen Vorsichtsmaßregeln getroffen werden. Man ist demnach bei Wasserproben, die ohne Eispackung eingesandt wurden und bei denen deshalb die Keimzählung keine verwertbaren Resultate mehr gibt, noch in der Lage, durch die Zählung der Colibakterien ein Urteil zu gewinnen. Auf diesen Vorzug der Colibestimmung hat auch Kruse, der sonst der Bedeutung des Coli etwas ablehnend gegenübersteht, bereits vor längerer Zeit aufmerksam gemacht.

Allerdings kann, das muß doch gesagt werden, die Coliuntersuchung trotz ihrer anerkannt großen Bedeutung die Keimzählung nicht immer ersetzen, ebensowenig, wie die Keimzählung in allen Fällen an Stelle der Colibestimmung treten kann. Die beiden Methoden haben, dessen muß man sich bewußt bleiben, etwas verschiedene Aufgabenkreise. Die Keimzählung an sich ist empfindlicher, ein Ansteigen der Keimzahl zeigt auch schon dann die Beimengung ungenügend filtrierter Zuflüsse an, wenn mit diesen Zuflüssen noch kein Coli hineingekommen ist. Sie ist deshalb besonders für die regelmäßige Überwachung von Quellwasserversorgungen unentbehrlich und meistens auch ausreichend. Die Colibestimmung dagegen läßt, wenn sie vernünftig gehandhabt wird, Schlüsse auf die hygienische Bedeutung der Verunreinigungen zu. Ich zitiere noch einmal Quanz: »Je zahlreicher und vielleicht auch, je typischer die im Wasser gefundenen Colikeime sind, desto

über wird zeitlich und räumlich die fäkale Verunreinigung im Wasser sein.«

Beide Methoden haben deshalb ihre Bedeutung und es ist deshalb nicht richtig, die Keimzahl zu Gunsten der Colibestimmung außer Acht zu lassen.

Die wichtigsten praktischen Fragen, welche die Arbeit stellte, sind damit beantwortet. Ich habe nun noch weiteren versucht, etwas nähere Aufschlüsse über die Art der Keimvermehrung zu erhalten. Wie ich im Vorstehenden auseinandergesetzt habe, ist es mir nicht gelungen, eine gesetzmäßige Abhängigkeit zwischen der Keimvermehrung und der Beschaffenheit des Wassers festzustellen. Es fragte sich nun aber, ob nicht die Art der zufällig vorhandenen Keime von Bedeutung sei. Schon die Beobachtung der Platten, die aus den Wasserproben, in denen eine Vermehrung der Keime stattgefunden hatte, gegossen waren, zeigte fast immer, daß es sich um wenige Arten von Keimen handelte. Alle diese Platten hatten ein sehr gleichmäßiges Aussehen: es handelte sich meistens um kleine, leicht gelbliche, Gelatine nicht verflüssigende Kolonien. Der Geübte kann auf den ersten Blick entscheiden, ob eine mit etwa 1000 Keimen bedeckte Gelatineplatte aus einer Wasserprobe stammt, in der sich die Keime vermehrt haben, oder ob sie zum größten Teil durch verunreinigende Zuflüsse von außen hineingekommen sind. Bekanntlich hat Migula schon vor langer Zeit auf dieses Unterscheidungsmerkmal hin eine bakteriologische Beurteilung des Wassers gründen wollen: er hat nicht die Zahl der Keime, sondern die Zahl der Arten als ausschlaggebend für Beurteilung ansehen wollen. Darin liegt zweifellos etwas Richtiges. Für den Geübten, aber auch nur für den, muß sich tatsächlich bei Betrachtung einer solchen Platte, wie ich sie aus meinen bei Zimmertemperatur aufbewahrten

Proben erhielt, der Verdacht aufdrängen, daß diese zahlreichen gleichförmigen Keime im Wasser entstanden sind. Darin ist allerdings Migula über das Ziel hinausgeschossen, daß er diese Beurteilung allein gelten lassen wollte, und es ist natürlich nicht möglich, nun eine Grenzzahl für die erlaubte Anzahl von Arten aufstellen zu wollen. Aber das Prinzip der Migulaschen Anschauungsweise ist durchaus gesund und findet in meinen Beobachtungen seine Bestätigung.

Ich habe nun versucht, die Arten der Bakterien, die sich im Wasser gut vermehrten, zu bestimmen. Das ist mir aber nicht sicher gelungen. Die Systematik der Wasserbakterien ist trotz der darauf verwandten Mühe immer noch unvollkommen. Wenn man die Bezeichnungen der verschiedenen Autoren mit einander vergleicht, so kann man sich des Verdachtes nicht erwehren, als ob von verschiedenen Autoren ein und dasselbe Bakterium mit verschiedenen Namen bezeichnet sei und als ob andererseits von den Einzelnen unter demselben Namen nicht immer dasselbe Bakterium beschrieben worden sei. Ich habe mich deshalb damit begnügt, die Bakterienarten, die mir als Hauptbewohner der Platten nach der Vermehrung entgegentraten, reinzuzüchten und genauer zu beschreiben. Ich habe sie mit den Nummern 1 bis 6 bezeichnet und die Benennung aus der Literatur, mit der am ersten eine Identität zu vermuten war, in Klammer dazu gefügt. In der Tat waren fast immer da, wo es sich um besonders starke Vermehrung handelte, diese Keime manchmal nahezu in Reinkultur vorhanden. Die größte Vermehrungsintensität besaß wohl der mit Nr. 1 bezeichnete, aus dem Göttinger Leitungswasser gezüchtete Keim, am wenigsten intensiv war die Vermehrung bei den beiden fluorescierenden Bakterien.

Es erschien mir nun von Interesse, einige Versuche über die Vermehrung dieser Bakterien in eigenen und fremden Wässern anzustellen. Die Wasserproben mußten, um die Vermehrung des Keimes rein hervortreten zu lassen, sterilisiert werden, da aber bei der Sterilisation durch Hitze eine Veränderung im chemischen Bestande, vor allem durch Ausfallen der Bikarbonate, eintreten mußte, habe ich die Wässer durch ein Membranfilter (Zsigmondy-Bachmann-Filter) filtriert. In dieses Wasser wurden dann von einer dünnen Aufschwemmung des Keimes 3 Oesen hineingeimpft; das geimpfte Wasser wurde umgeschüttelt und sofort die üblichen Plattenkulturen zur Bestimmung der Einsaat angelegt. Es wurde zunächst Göttinger Leitungswasser mit einem auf Gelatine fest wachsenden Keim (Nr. 1), der selbst aus dem Göttinger Leitungswasser stammte, geimpft. Eine zweite Probe wurde mit einem die Gelatine verflüssigenden Keime, Nr. 6, der auch aus Göttinger Leitungswasser stammte, versetzt. In eine dritte Probe wurden beide Keime zugleich gebracht. Die Resultate finden sich in Tabelle V, Versuch Nr. 33. Wie man sieht, war die Einsaat des Keimes 1 beide Male größer, als bei 6. Das Verhältnis entspricht etwa dem, wie man es auch bei natürlichen Platten zwischen verflüssigenden und nicht verflüssigenden Keimen findet. Auch die Vermehrung erfolgte etwa in demselben Verhältnis, wie man es auf natürlichen Platten findet: eine ungeheuer schnelle Vermehrung des fest wachsenden und eine sehr viel langsamere des verflüssigenden Keimes. Auch in dem Mischversuch blieb dieses Verhältnis bestehen. Nach 24 Stunden war sogar der verflüssigende Keim vollständig überwuchert, um dann nach 48 Stunden mit 20 Exemplaren wieder aufzutauchen, als der fest wachsende Nr. 1 bereits eine Million überschritten

hatte. Dieser Versuch wurde noch einmal mit genau demselben Resultat wiederholt. Weiterhin wurde das Göttinger Leitungswasser mit dem Keim 2, der von auswärts stammte und sich vor allen Dingen durch lebhafte Beweglichkeit von dem Stamme 1 unterschied, geimpft. Auch hier zeigte sich eine lebhafte Vermehrung, die allerdings wesentlich langsamer vor sich ging, als bei dem Keime 1. Der Stamm 6, der auch diesmal wieder mit angesetzt wurde, zeigte wieder nur eine schwache Vermehrung.

Der folgende Versuch betraf ein auswärtiges Leitungswasser, das ganz außerordentlich weich war (1 Grad Härte) und nicht unbeträchtliche Mengen freier Kohlensäure enthielt. Dieses Wasser wurde mit den Stämmen 1 bis 4 geimpft. Hier wuchs der Stamm 1 verhältnismäßig langsam — nach 24 Stunden eine Vermehrung etwa auf das dreifache — während der Stamm 2 hier eine besonders starke Vermehrung zeigte, die sogar die Vermehrung im Göttinger Leitungswasser erheblich übertraf. Stamm 3 (ein schwach verflüssigender Fluorescens) wuchs langsam, während der Stamm 4, ein nicht verflüssigender Fluorescens, ebenfalls eine sehr starke Vermehrung zeigte. Allerdings können diese Zahlen nur mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden, weil trotz aller Sorgfallt doch erhebliche Unterschiede in der Einsaatmenge sich nicht vermeiden ließen. Soviel kann man aber aus allen diesen Versuchen sicher schließen, daß es vorwiegend die nicht verflüssigen Stämme sind, denen diese ungeheure Wachstumskraft im Wasser zukommt. Für die praktische Ausführung der Zählung ist das ein glücklicher Umstand, weil es sonst kaum gelingen würde, Platten länger als 24 Stunden zu beobachten, ohne daß sie durch Verflüssigung unbrauchbar würden.

Von besonderem Interesse ist ein Versuch, der

mit dem auf Seite 7 und 11 erwähnten sauren Wasser angestellt wurde. Es war dies das einzige Wasser, in dem bis dahin keine Vermehrung der Keime beobachtet worden war. Bei näherer Untersuchung stellte sich heraus, daß dies Wasser seine niedrige pH nicht, wie gewöhnlich, freier Kohlensäure, sondern zum größten Teil freier Schwefelsäure verdankte. Auch diesmal verhielt sich das Wasser wieder ganz ähnlich: es enthielt 7 Keime im ccm und diese Zahl blieb 3 Tage lang konstant. Nach der Impfung mit Stamm 1 und 2 trat zunächst eine Abnahme der Keimzahl, bei Stamm 1 am dritten Tage wieder eine leichte Zunahme ein. Auffallend war, daß bei einer Wiederholung des Versuchs, der allerdings bei etwas höherer Temperatur gehalten wurde, nach 72 Stunden eine Zunahme erfolgte und zwar bei allen Stämmen (1 bis 5), mit denen geimpft worden war. Das ist nicht gut anders zu erklären, als daß hier eine Anpassung der an sich ja außerordentlich anspruchslosen Stämme an die saure Beschaffenheit stattgefunden hatte. Dieses eben beschriebene Wasser ist aber auch das einzige, bei dem eine Verzögerung oder ein Ausbleiben der Vermehrung stattfand: da es sich hier um ein chemisch ganz besonders stark abweichendes Wasser handelte, dessen Vorkommen zu den größten Seltenheiten gehört, kann man getrost sagen, daß die Keimvermehrung bei Wässern jeder Zusammensetzung eintritt.

Den wesentlichen Inhalt der Arbeit möchte ich in folgenden Schlußsätzen zusammenfassen:

1. In entnommenen Wasserproben, die bei Zimmertemperatur (15 bis 22°) aufbewahrt werden, tritt meistens innerhalb 24 Stunden, fast immer innerhalb 48 Stunden eine starke Vermehrung der vorhandenen Bakterien ein.

2. Diese Vermehrung ist so stark, daß sie eine verwertbare Keimzählung in den Wasserproben un-

möglich macht. Die Untersuchung eingesandter Wasserproben, die 24 Stunden oder länger bei hoher Temperatur unterwegs waren, hat deshalb meistens keinen Sinn.

3. Durch geeignete Verpackung in Eis, die technisch leicht auszuführen ist, kann man die Keimzahl für 48 Stunden genügend konstant halten.

4. Die Anzahl der Colikeime in einer Wasserprobe bleibt während mindestens 72 Stunden auch ohne irgendwelche Maßregeln konstant. Darin liegt ein erheblicher Vorteil der Colibestimmung gegenüber der Keimzählung. Trotzdem ist aber nicht zu befürworten, daß allgemein die Keimzählung durch die Colibestimmung ersetzt werde. Die beiden Methoden müssen sich ergänzen, jede hat ihren bestimmten Wirkungsbereich und jede kann, je nach der Fragestellung, die zweckmäßigere sein.

5. An der Vermehrung sind verhältnismäßig wenige Bakterienarten beteiligt. Es wurden 6 Arten beschrieben und zwar zwei verflüssigende und vier fest wachsende. Die weitaus größere Wachstumsintensität haben die nicht verflüssigenden Bakterien. Die seltenen Fälle, in denen es auch bei geeignetem Wasser nicht zur raschen Vermehrung von Bakterien kommt, beruhen wahrscheinlich darauf, daß zufällig Keime von den rasch sich vermehrenden Arten nicht vorhanden sind. Dieser Fall tritt deshalb naturgemäß nur bei besonders keimarmen Wässern ein.

Anhang.

I. Göttingen, fest wachsend.

Morphologisch nach Betrachtung im Dunkelfeld und hängendem Tropfen ein mittelgroßes, ziemlich plumpes Stäbchen, das keine Ortsbewegung zeigt. Mit der Silberimprägnationsmethode nach Zettnow und der Färbemethode nach Peppler waren keine Geißeln nachweisbar.

Auf der Gelatineplatte bildete der Bazillus dichte, ziemlich scharf begrenzte Kolonien, die an der Oberfläche etwas kugelig erhaben sind. Aussehen weiß glänzend.

Lakmus und Milchzucker bleiben unverändert. Im Neutralrotagar fast nur Wachstum im Stich.

II. C., fest wachsend.

Morphologisch nach Betrachtung im Dunkelfeld und hängendem Tropfen sehr feine, ziemlich kurze Stäbchen, lebhaft beweglich. Mit den Geißelfärbungen waren zwei bis drei polare Geißeln nachzuweisen.

Auf der Gelatineplatte wächst der Bazillus als zarte, bläulich durchscheinende Kolonie, die an der Oberfläche ziemlich flach wächst und sich nach etwa 3 Tagen unregelmäßig zackig begrenzt ausbreitet.

Lakmusmolke und Milchzuckerlösung bleiben unverändert. In Neutralrotagar besonders Oberflächenwachstum und Wachstum im Stich.

III. A. (Fluorescens liquefaciens).

Morphologisch handelt es sich nach Betrachtung im Dunkelfeld und hängendem Tropfen um ein kleines, zierliches Stäbchen mit lebhafter Ortsbewegung. Mit den Geißelfärbungen nach Peppler und Zettnow waren ringsherum angeordnete Geißeln festzustellen.

Auf der Gelatineplatte erreichen die Kolonien schnell die Oberfläche und breiten sich dort unregelmäßig zackig aus. Um die Kolonie herum bildet sich schon am zweiten Tage ein intensiver fluoreszierender Hof aus; ebenfalls am zweiten Tage beginnt zentral eine ganz langsame Verflüssigung, die auch sehr langsam auf ihre Ausläufer übergreift.

Lakmusmolke und Milchzuckerlösung bleiben unverändert. Neutralrotagar etwas entfärbt, Oberflächenwachstum und Wachstum im Stich.

IV. S., (Fluorescens liquefaciens).

Morphologisch ergibt sich nach Betrachtung im Dunkelfeld und im hängenden Tropfen ein kleines Stäbchen, das lebhafte Ortsbewegung zeigt. Mit den Geißelfärbungen waren zwei bis drei polare Geißeln nachweisbar. Auf der Gelatineplatte wächst der Bazillus als scharf begrenzte, kugelig erhabene, intensiv grün gefärbte fluorescierende Kolonie, die keinerlei Verflüssigung zeigt.

Lakmusmolke und Milchzuckerlösung bleiben unverändert, Neutralrotagar schwach entfärbt, starkes Oberflächenwachstum und Wachstum im Agar.

V. O. (fest wachsend).

Morphologisch handelt es sich um ganz kurze plumpe Stäbchen, die gelegentlich zu zweien an einander liegen. Sie zeigen im Dunkelfeld und im hän-

genden Tropfen keine Ortsbewegung. Geißeln waren nicht nachweisbar.

Auf der Gelatineplatte erscheint der Bazillus als ziemlich zarte, scharf begrenzte, wenig prominente Kolonie, die auch in der Tiefe bläulich durcscheinend wirkt.

Milchzuckerlösung bleibt unverändert, Lakmusmolke etwas gerötet, Neutralrotagar unverändert, fast nur Oberflächenwachstum, kaum Wachstum im Stich.

VI. Göttingen (verflüssigend wachsend).

Morphologisch handelt es sich um ein ziemlich großes plumpes Stäbchen, das im hängenden Tropfen lebhafte Bewegungen zeigt. Im Dunkelfeld ist ebenfalls lebhafte Bewegung nachzuweisen. Es erscheinen gelegentlich im Gesichtsfelt Bakterien mit helleren Polen. Die Neißersche Polkörnerfärbung fiel, auch bei einer 8 Tage alten Kultur, negativ aus. Mit den Geißelfärbungen anscheinend eine polare Geißel nachweisbar.

Auf der Gelatineplatte erreicht die Kolonie sehr schnell die Oberfläche uud beginnt zentral die Gelatine zu verflüssigen. Die Verflüssigung erreicht bald den Rand. Der Rand ist scharf begrenzt.

Lakmusmolke und Milchzuckerlösung bleiben unverändert. Neutralrotagar keine Reduktion, besonders Oberflächenwachstum und Wachstum im Stich.

Literaturverzeichnis.

Wolffhügel und Riedel: Die Vermehrung der Bakterien im Wasser. Arb. a. d. K. G. A. 1886.

Meade Bolton: Zeitschrift für Hygiene 1886, Bd. I, S. 76.

Pöhl: Tageblatt der 60. Versammlung Deutsche Naturforscher und Ärzte, Wiesbaden 1887, Seite 347.

Hüppe, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1887, Seite 347.

Dieudonné: Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1894.

Müller: Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1911.

Spitta: Handbuch der gesamten Hygiene.

„ Archiv für Hygiene 1903, Bd. 46.

„ Archiv für Hygiene Bd. 38.

Klut: Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.

Quantz: Inaug. Diss. 1914.

Korschun: Archiv für Hygiene, Bd. 61, 1907, S. 324.

Kruse: Zeitschrift für Hygiene, Bd. 59, 1908.

Marmann: Zentralbl. f. Bakteriologie 1909, Bd. 50.

Tabelle I.

Versuche die die reine Bakterienvermehrung betreffen.

Nähere Bezeichnung	Temperatur 0	chemisch	Menge	Zahl der Kolonien auf den Gelatineplatten sofort	24 St.	48 St.	72 St.	4 Tage
Göttinger Leitng.								
1. ganz gefüllt	18—20	Härte 26,8	1 Liter	11		54000		100000
2. halb gefüllt	18—20	pH 7,0	½ „	10		180000		370000
3. halb gefüllt offen.	18—20	fr.CO_2 22,4	½ „	10		58000		100000
				Kontrollversuch ergibt in allen Versuchen, Vermehrung in der gleichen Größenordnung.				
Institutsbrunnen								
1. ganz gefüllt	18—20	1.	1 „	156		verflüs.		1800
2. halb gefüllt	18—20		½ „	166		1460		1300
3. halb gefüllt offen.	18—20		½ „	131		2480		1200
Göttinger Leitng.								
1. ganz gefüllt	19	wie 1	1 „	34	704	18000	verflüs.	
2. halb gefüllt	19	„	½ „	32	672	20000	„	
Göttingor Leitng.								
1. ganz gefüllt	20	wie 1	1 „	20	360	14000		
2. halb gefüllt	20	„	½ „	16	340	14000		
E. Brunnen								
1. ganz gefüllt	13—14	chemisch nicht näher bekannt, hartes, fast neutrales Wasser	1 „	109	276	4200	7400	
E. Brunnen								
1. ganz gefüllt Tageslicht	13—14	Härte 27,5	1 „	4900	23000	18500		
2. ganz gefüllt im Dunklen	13—14	pH 6,9	1 „	5200	24000	22000		
L.	22	Härte 2,8 pH 6,3 fr.CO_2 17,6	100ccm	60	9000	19000	120000	
H.	22	Härte 1,1 pH 4,6 fr.CO_2 13,2	100 „	110	130	6900	12000	
A. I.	21	Härte 20,8 pH 6,9 fr.CO_2 48,4	100 „	10	500	3000	verflüs.	

Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Nähere Bezeichnung	Temperatur 0	chemisch	Menge	Zahl der Kolonien auf den Gelatineplatten				
					sofort	24 St.	48 St.	72 St.	4 Tag
10	A. II	22	Härte 21,6 pH 6,9 fr.CO_2 44	100ccm	2	300	6000	6000	
11	W.	20—21	Härte 1,6 pH 6,4 fr.GO_2 4,4	„	200	23000	32000		
12	J.	21—22	Härte 7,8 pH 6,6 fr.CO_2 44	„	123	9700	verflüs.		
13	A. III	20—22	Härte 22,8 pH 6,9 fr.CO_2 35,2	„	4	29000	85000		
14	A . . . n	20—21	Härte 4,0 pH 6,2 fr.CO_2 39,6	„	260	8500	verflüs.		
15	L.	20—21	Härte 4,2 pH 5,8 fr.CO_2 7,1	„	350	90000			
16	U.	20—21	Härte 4,2 pH 5,8 fr.CO_2 7,1	„	350	90000			
17	L. II	20—21	Härte 4,6 pH 5,5 fr.CO 8,4	„	525	70000			
18	C.	17—18	pH 4,6 Härte 19	300ccm	7	9	7	9	
19	Göttinger Leitng					8 St.	24 St.	48 St.	72 St
	1. ganz gefüllt	22	wie 1	1 Liter	2	2	4	322	2440
	2. halb gefüllt	22	„	½ „	3	2	4	760	2700
	3. halb gef. offen	22	„	½ „	2	4	5	430	2650
	4. mit Hilfe eines steril. Schlauches vom Boden auf, ganz gefüllt, zur Vermeidung von Luftzutritt.	22	„	1 „	2	0	3	3	2200

Tabelle II.

...he, die die Bakterienvermehrung im Eisschrank betreffen.

...Nähere ...zeichnung	Temperatur 0	chemisch	Menge	Zahl der Kolonien auf den Gelatineplatten				
				sofort	24 St.	48 St.	72 St.	4 Tage
...utsbrunnen								
...nz gefüllt	20—22		1 Liter	688	1580	2460	3800	
...lb gefüllt	20—22		½ „	697	2060	2600	5000	
...nz gefüllt	5		1 „	488	352	820	—	
...lb gefüllt	5		½ „	441	574	580	1130	
...inger Leitng.								
...mmer	22	wie 1	1 „	2	4	322	2440	
...isschrank,	bis 8	„	1 „	2	1	0	58	330
...nz gefüllt								
...sschrank,	bis 8	„	½ „	3	1	3	99	350
...lb gefüllt								
...inger Leitng.								
...mmer	18—20	„	1 „	4	119	15000	18000	
...isschrank	bis 5	„	1 „	5	6	64	1940	
...nen, Göt- ...u Bühlstr.		hartes, fast						
...mmer	20—21	neutrales	1 „	390	875	3400	3800	
...isschrank	bis 8	Wasser	1 „	350	612	960	verflüs.	
...nen, Loh- ...lenweg								
...immer	22—22	Härte 4,0	1 „	1920	7800	23000		
...isschrank	bis 5	pH 7,0	1 „	2080	2850	3200	14000	
...n., Angerstr.		nicht						
...immer	20—21	näher	1 „	225000	260000	100000	50000	
...isschrank	bis 5	bekannt	1 „	225000	250000	100000	50000	
...ung G.					2 St.	24 St.	48 St.	3 Tage
...immer	18	hartes W.	1 „	1	0	2	108	276
...isschrank	bis 5	pH 7,0	1 „	1	0	1	1	15

Tabelle III.

Versuche die das Verhalten der Coli-Keimzahl betreffen.

Nr.	Nähere Bezeichnung	Temperatur 0	chemisch	Menge	Zahl der Coli-Kolonien auf den Endoplatten					
					sofort	24 St.	48 St.	72 St.	4 T.	6 T.
27	GöttingerLeitung									
	1 Gelatine	19	wie 1	1 Liter	34	704	18000			
	2 Endo ganz gefüllt	19		1 „	2	2	2	3	4	4
	3 halb gefüllt	19		½ „	2	3	3	2	2	4
28	Lohmühlenweg									
	1 Gelatine	20—22		1 „	1920	7800	23000			
	2 Endo Zimmer	20—22		1 „	374	383	344	353		
	3 Endo Eisschr.	bis 5		1 „	470	394	337	339		
29	E. I									
	1 Gelatine	13—14		1 „	109	276	4200	7400		
	2 Endo	13—14		1 „	8	fehlt	6	9		
30	E. II									
	1 Gelatine	13—14		1 „	4900	23000	18500			
	2 Endo Tagesl.	13—14		1 „	480	530	344	273		
	3 Endo Dunkel	13—14		1 „	357	512	400	233		
31	Brunnen Bühlstr.									
	1 Gelatine	20—21		1 „	390	875	3400	3800		
	2 Endo Zimmer	20—21		1 „	13	11	9	14		
	3 Endo Dunkel	bis 8		1 „	11	9	10	16		
32	G.									
	1 Gelatine	20—21	Härte 24,6	100ccm	356	56000	130000			
	2 Endo	20—21	pH 6,9 fr.$CO_2$30,8	100 „	40	33	38			

Tabelle IV.

rsuche, in denen steril filtriertes Wasser, mit eigenem und fremden Keimen geimpft wurde.

Nähere Bezeichnung	Temperatur 0	chemisch	Menge	Zahl der Kolonien auf den Gelatineplatten sofort	24 St.	48 St.	72 St.	4 Tage
Göttinger Leitng.								
1 geimpft mit I	17—18		½Liter	667	600000	ü 1Mill.		
2 geimpft mit VI	17—18		½ „	20	48	276		
3 geimpftm. I + VI	17—18		½ „	394 f. 7verfl.	450000 0 verfl.	ü.1Mill. 20 verfl.		
				Kontrollversuch liefert dieselben Resultate				
Göttinger Leitng.								
1 ungeimpf.Kont.	19—20		250ccm	0	0	0	0	
2 geimpft m. II	19—20		250 „	174	331	150000	400000	
3 geimpft m VI	19—20		250 „	18	29	97	verfl.	
Sohlingen								
1 geimpft m. I	20—22	Carbonat	100 „	29	85	verunr.		
2 geimpft mit II	20—22	Härte 0,2	100 „	2040	360000	400000		
3 geimpft mit III	20—22		100 „	7	4	3500	300000	
4 geimpft mit IV	20—22		100 „	340	1900	370000		
C.								
1 Wasserproben	17—18		300 „	7	9	7	9	
2 geimpft mit I	17—18	pH 4,6	300 „	167	14	59	151	
3 geimpft mit IV	17—18		300 „	138	9	9	10	
C.								
1 geimpft mit I	20—22		100 „	6	2	6	5100	
2 geimpft mit II	20—22		100 „	550	17	780	18000	
3 geimpft mit III	20—22	pH 4,6	100 „	8	2	9	820	
4 geimpft mit IV	20—22		100 „	1200	325	48	2300	
5 geimpft mit V	20—22		100 „	122	18	58	20000	
G.								
1 unver. Probe	18—19		1 Liter	1	0	0	14	2050
2 infiziert mit I	18—19		1 „	0; 46		22000	40000	
3 infiziert mit II	18—19		1 „	0; 8		1100	34000	
R.					12 St.	36 St.		
1 unver. Probe	18—19	weiches	1 Liter	1	3	7000		
2 infiziert mit I	18—19	Wasser	700ccm	1; 27	25	37000		
3 infiziert mit II	18—19		300 „	1; 145	188	14000		
4 infiziert mit III	18—19		300 „	1; 408	315	80000		
5 infiziert mit VI	18—19		300 „	1;16vfl.	7 fest 8 verfl.	3800 f. 8 verfl.		

Lebenslauf.

Ich wurde am 26. I. 1902 in Göttingen als Sohn des Kaufmanns Nathan Blum geboren. Am Göttinger Gymnasium bestand ich im März 1922 die Reifeprüfung. Meine Studien begann ich im Sommersemester 1922 in Göttingen. In Würzburg und in Halle habe ich dann je ein Semester studiert. Physikum habe ich im Sommersemester 1924 in Göttingen gemacht. Mein Staatsexamen bestand ich im Sommersemester 1927. Ich habe dann einige Zeit am Göttinger Hygienischen Institut gearbeitet und dann den Rest meiner Praktikantenzeit in Düsseldorf an den Medizinischen Klinik verbracht. Am 7. Juli 1928 erhielt ich die Approbation.